

PROPAGACIÓN Y TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

Grado en Ingeniería en Sistemas de Comunicaciones. Curso 18-19. Examen 23 Enero de 2019

CUESTIONES (4 puntos)

Duración: 45 minutos

NOMBRE:

1 Un dipolo que mide 15 cm se utiliza primeramente a la frecuencia a la que esta longitud es 0.5λ , es decir, a 1 GHz. Si ahora le proponen utilizar el mismo dipolo a la frecuencia doble (2 GHz) indique qué ocurriría con su directividad y con su ganancia. (0.5 puntos)

Si aumenta la frecuencia, la directividad de la antena aumentará porque es eléctricamente más grande.

En cambio la ganancia es de esperar que disminuya porque la antena no estará adaptada.

2 Indique las características compartidas por un dipolo de longitud finita y una antena de onda progresiva. Haga un esquema del aspecto que tendría el diagrama de radiación para ambas antenas para $L = 3\lambda$. (0.5 puntos)

- Ni el dipolo ni la antena de onda progresiva radian en su eje
- Las dos antenas presentan un campo radiado con polarización lineal
- Las dos antenas tienen simetría de revolución

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

3] Considere un dipolo $\lambda/2$ que trabaja a una frecuencia de $f_0 = 100\text{MHz}$ y tiene una eficiencia total del 93%. Sobre dicho dipolo incide una onda plana, de polarización lineal orientada según el eje del dipolo, que produce una potencia recibida a la salida de la antenna. Obtenga la amplitud de campo E de la onda plana incidente si la potencia recibida por el dipolo es de 0.2mW . (0.5 puntos)

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{100 \cdot 10^6} = 3\text{ m}$$

$$A_{\text{eff}} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot e \cdot D$$

$$D_{\lambda/2} = 1,64$$

$$= \frac{3^2}{4\pi} \cdot 0,93 \cdot 1,64 = 1,092\text{ m}^2$$

$$\text{Potencia recibida} = 0,2\text{ mW}$$

$$P_{\text{rec}} = A_{\text{eff}} \cdot W_i$$

$$W_i = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{1,092} = 1,83099 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$W_i = \frac{|E|^2}{2\eta}$$

$$|E| = \sqrt{1,83099 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 120\pi} = \sqrt{0,13805}$$

$$= 0,372\text{ V/m.}$$

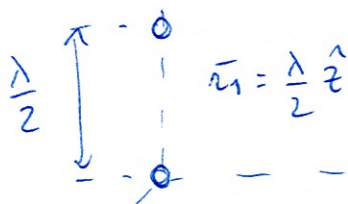
4] Considere una antenna formada por dos radiadores isotrópicos con polarización lineal según $\hat{\phi}$, el primero está situado en el origen mientras que el segundo se coloca a una distancia $d = \lambda/2$ según el eje \hat{z} . Considerando que el primero radia un campo de amplitud E_0 y el segundo radia otro campo de amplitud $3E_0$, obtenga el campo eléctrico radiado por el conjunto y su diagrama de radiación. Indique la dirección de máxima radiación de la antenna y la dirección de sus nulos si es que los tiene. (0.5 puntos)

$$\vec{E}_1 = E_0 \hat{\phi} \frac{e^{-jkz}}{2} \quad \vec{E}_2 = 3E_0 \hat{\phi} \frac{e^{-jkz}}{2}$$

$$\vec{E}_{\text{total}} = E_0 \hat{\phi} \frac{e^{-jkz}}{2} [1 + 3e^{+jkz_1 \cdot \hat{z}}]$$

$$= E_0 \hat{\phi} \frac{e^{-jkz}}{2} [1 + 3e^{i \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{2} \cos\theta}]$$

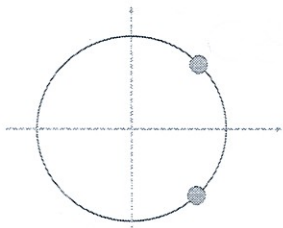
$$|E|^2 \propto E_0^2 (1 + 3e^{i\pi \cos\theta}) (1 + 3e^{-i\pi \cos\theta})$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

5] Suponga un array de 4 elementos con amplitudes uniformes, cada uno de los cuales está formado a su vez por un array cuya representación en el círculo de Schelkunoff es la de la figura. Calcule la expresión del diagrama de radiación total suponiendo que las antenas son isotrópicas. NOTA: si utiliza variables en la expresión como Ψ o z , indique su correspondencia con los ángulos de coordenadas esféricas. (0.5 puntos)



Array de 4 el. con amp. uniformes.
 Supongo que están separados d_1
 $FA_1 = \frac{1}{4} \frac{\text{sen}(4\Psi_1/2)}{\text{sen}(\Psi_1/2)}$

con $\Psi_1 = kd_1 \cos \theta$.

Cada elemento es un array de 3 elementos, separados d_2 y con amplitudes no uniformes:

$$FA_2(z - e^{i\pi/4})(z - e^{-i\pi/4}) = z^2 + 1 - 2z \cos \frac{\pi}{4} =$$

$$z^2 - \frac{2\sqrt{2}}{2} z + 1$$

con $z = e^{i\Psi_2}$

$\Psi_2 = kd_2 \cos \theta$

$$DR_{\text{tot}} = FA_1^2 \cdot FA_2^2 = \frac{1}{16} \frac{\text{sen}^2(4\Psi_1/2)}{\text{sen}^2(\Psi_1/2)} \cdot \frac{(z^2 - \sqrt{2}z + 1)^2}{(2 - \sqrt{2})^2}$$

6] Diseñe un array lineal con amplitud uniforme, con dos máximos de radiación en las direcciones 30° y 150° con respecto a su eje. (0.5 puntos)

Tendrá que tener fase progresiva α

1^{er} max $\Psi = kd \cos \theta_{M_1} + \alpha = 0$

2^o max $\Psi = kd \cos \theta_{M_2} + \alpha = \pm 2\pi$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$kd(\cos 30^\circ - \cos 150^\circ)$

7] Una apertura de tamaño $4\lambda \times 3\lambda$ presenta una distribución de campo de la forma $\vec{E}_{ap} = E_0 \cos\left(\frac{\pi y}{B}\right) \hat{y}$. Calcule su anchura de haz entre nulos en los planos principales. Indique cuál es el plano E y cuál el plano H. (0.5 puntos)

El plano E es el YZ \rightarrow distr. coseno

$$w = 1,5 = 3 \sin \theta_N \rightarrow \theta_N = 30^\circ$$

$$\boxed{BW_E = 60^\circ}$$

El plano H es el XZ \rightarrow distr. uniforme

$$w = 1 = 4 \sin \theta_N \rightarrow \theta_N = 14,47^\circ$$

$$\boxed{BW_H = 28,9^\circ}$$

8] Si pudiese diseñar una antena de apertura libremente, y le piden maximizar su directividad, ¿qué propondría? (0.5 puntos)

Para maximizar la directividad, el campo en la apertura ha de tener:

- distribución de amplitud uniforme
- " de fase uniforme
- " de polarización uniforme

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

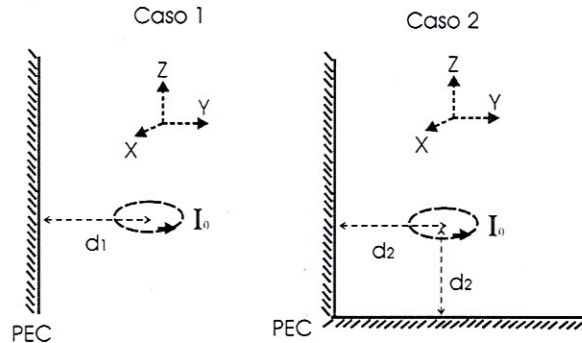
PROPAGACIÓN Y TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

Grado en Ingeniería en Sistemas de Comunicaciones. Curso 18-19. Examen 23 de enero de 2019

PROBLEMAS (6 puntos)

Duración: 2 horas

1] Considere un lazo infinitesimal de corriente I_0 orientado según el eje \hat{z} , como el mostrado en la figura (caso 1), que se sitúa a una distancia $d_1 = \lambda/2$ de un plano conductor perfecto ($y=0$).

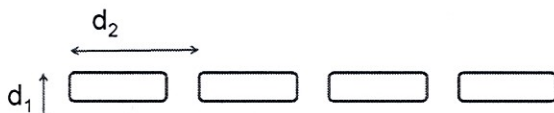


- Obtenga el campo \vec{E} radiado por dicha configuración y el diagrama de radiación del conjunto (0.75 puntos)
- Represente el diagrama de radiación obtenido en los planos XY e YZ. (0.5 puntos).
- Considere ahora que el problema es el descrito por la figura en el caso 2 y que el lazo está en presencia de dos planos conductores perfectos en lugar de uno tal y como muestra el dibujo. El lazo se sitúa a una distancia $d_2 = \lambda/2$ de cada plano en este caso. Obtenga el campo radiado por el conjunto para la segunda configuración indicando detalladamente el procedimiento para encontrarlo. Compare la solución con el primer caso y argumente cualitativamente qué espera que ocurra con la directividad de la antena. (0.75 puntos)

2] Se pretende diseñar una antena con un diagrama de radiación lo más simétrico posible. La antena es un array plano de ranuras como el que se representa en la figura.

La ranura es una antena de apertura con tamaño $0.5\lambda \times 0.01\lambda$ con una distribución de campo tipo cosenoidal en su lado ancho y uniforme en su lado estrecho. Además, el campo en la ranura tiene polarización perpendicular al lado ancho de la misma.

Las ranuras se alimentan con guías de onda rectangulares y eso fija la distancia entre las filas de ranuras a $d_1=0.5\lambda$. Por su parte, la distancia entre los elementos de cada fila del array es $d_2=0.7\lambda$.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

- Para intentar simetrizar el diagrama de radiación, no se pueden cambiar las distancias d_1 , d_2 , pero sí las alimentaciones de las ranuras. Proponga una solución con el diagrama simétrico (misma anchura de haz) en ambos planos y calcule la anchura de haz en el plano diagonal del array. (1 punto)
- Ahora este array se utiliza en un sistema de radar monopulso y para ello además del diagrama suma simétrico calculado en el apartado anterior, hace falta calcular también el diagrama diferencia. En este diagrama se alimentan en oposición de fase (diferencia de fase 180°) las dos primeras filas con respecto a las dos segundas. Calcule el diagrama de radiación y represéntelo en los dos planos principales. (0.5 puntos).

NOTA: para la resolución de todos los apartados de este problema considere las ranuras como antenas isotrópicas.

3 Considerando ahora las ranuras del problema anterior,

- calcule el diagrama de radiación de una de las ranuras. (0.5 puntos).
- Considere ahora cada fila del array anterior como una única antena de apertura (del tamaño de la fila de ranuras) cuya distribución de campo coincide con la de una ranura. Calcule de nuevo la anchura de haz en los dos planos principales. (0.75 puntos)
- Indique también en ambos planos el nivel de lóbulos secundarios del array de aperturas del apartado anterior y su número. (0.75 puntos)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

21/7

Escuela Politécnica Superior

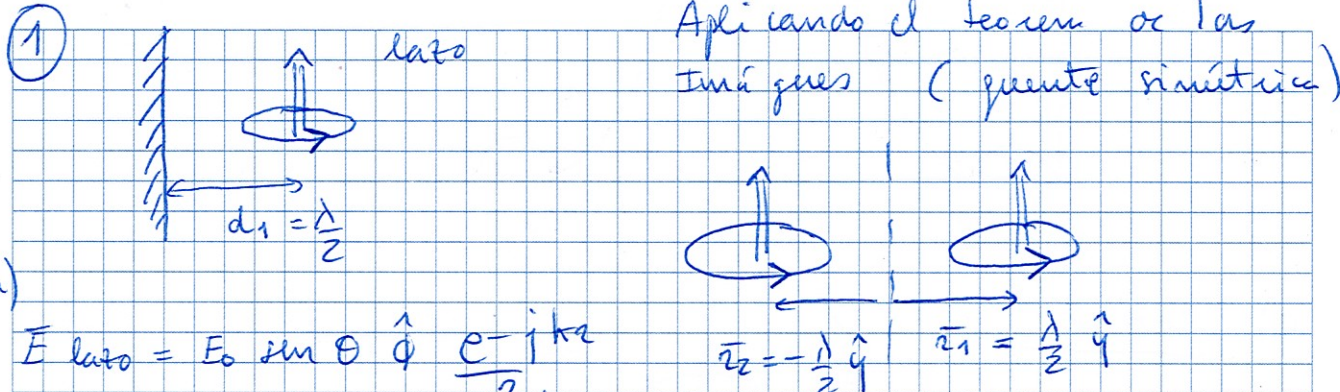
Asignatura _____

Nombre y Apellidos Problemas Enero 2019.

Fecha _____

Curso _____

Grupo _____

1) 

Aplicando el teorema de las imágenes (punto simétrico)

a) $\vec{E}_{\text{lazo}} = E_0 \sin \theta \hat{\phi} \frac{e^{-jkz}}{z}$

$\vec{E}_{\text{total}} = E_0 \sin \theta \hat{\phi} \frac{e^{-jkz}}{z} [e^{+jk\bar{r}_1 \cdot \hat{z}} + e^{jk\bar{r}_2 \cdot \hat{z}}]$

$[e^{jk\frac{\lambda}{2} \sin \theta \sin \phi} + e^{-jk\frac{\lambda}{2} \sin \theta \sin \phi}]$

$\vec{E}_{\text{total}} = E_0 \sin \theta \hat{\phi} \frac{e^{-jkz}}{z} \cos(\pi \sin \theta \sin \phi)$

$Z(\theta, \phi) = \sin^2 \theta \cdot \cos^2(\pi \sin \theta \sin \phi)$ para $y > 0$

b) Representar en planos
 XY $\theta = \frac{\pi}{2}$ $Z(\phi) = \cos^2(\pi \sin \phi)$
 max en $\phi = 0, 90, 180, 270, 360$
 min en $\phi = 30, 150, 210, 330$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

0

100

180

200

300

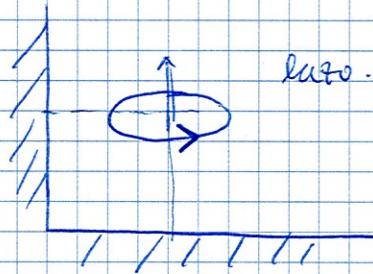
360

Plano ~~XZ~~ YZ $\phi = \frac{\pi}{2}$

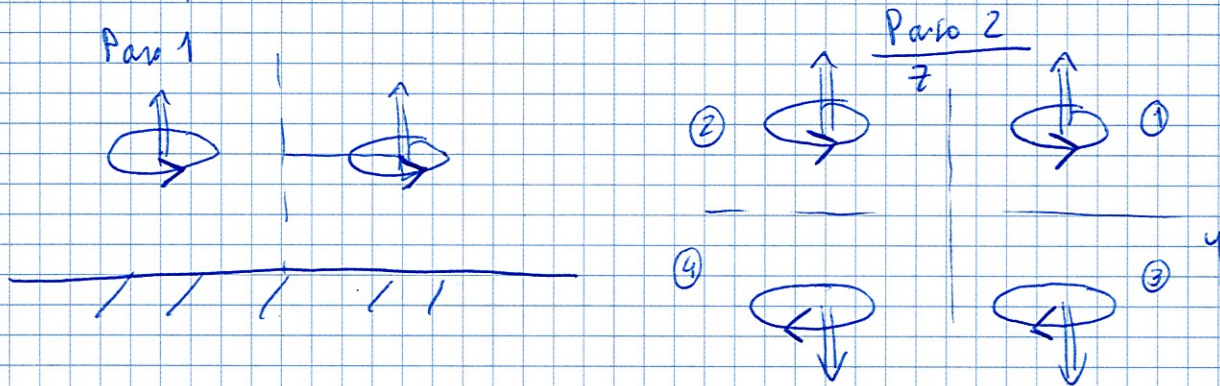
$$r(\theta) = \sin^2 \theta \cos^2 (\pi \sin \theta)$$



c) Caso 2



Por el Teorema de las imágenes, en 2 pasos vemos las fuentes que replican las condiciones de contorno.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Escuela Politécnica Superior

Asignatura _____

Nombre y Apellidos _____

Fecha _____ Curso _____ Grupo _____

$$\begin{aligned}
 \vec{E}_{\text{total}} &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = \\
 E_0 \sin \theta \hat{\phi} \frac{e^{-jkz}}{z} & \left[e^{jkz_1 \cdot \hat{z}} + e^{jkz_2 \cdot \hat{z}} - e^{jkz_3 \cdot \hat{z}} - e^{jkz_4 \cdot \hat{z}} \right] \\
 = E_0 \sin \theta \hat{\phi} \frac{e^{-jkz}}{z} & \left[e^{j(\pi \sin \theta \sin \phi + \pi \cos \theta)} + e^{j(-\pi \sin \theta \sin \phi + \pi \cos \theta)} \right. \\
 & \left. - e^{j(\pi \sin \theta \sin \phi - \pi \cos \theta)} - e^{j(-\pi \sin \theta \sin \phi - \pi \cos \theta)} \right] = \\
 & 2 \cos(\pi \sin \theta \sin \phi) \left[e^{j\pi \cos \theta} + e^{j\pi \cos \theta} \right] \\
 & - \left(2 \cos(\pi \sin \theta \sin \phi) \left[e^{-j\pi \cos \theta} + e^{-j\pi \cos \theta} \right] \right) \\
 & 2 \cos(\pi \sin \theta \sin \phi) 2j \sin(\pi \cos \theta) + 2 \cos(\pi \sin \theta \sin \phi) \\
 & \quad \quad \quad - 2j \sin(\pi \cos \theta) \\
 = & 8j \cos(\pi \sin \theta \sin \phi) \sin(\pi \cos \theta)
 \end{aligned}$$

Cartagena99

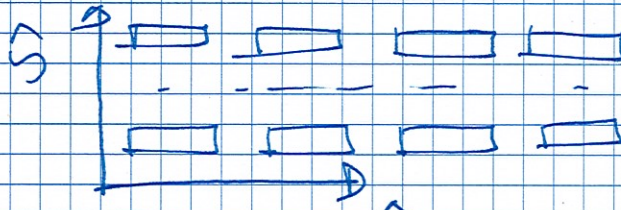
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

... con un nivel de energía en el 1º cuadrante, se



Problema 2



1) $d_x = d_2 = 0,7\lambda$
 $d_y = d_1 = 0,5\lambda$

- Plano XZ 1^{er} nulo $\psi_x = \frac{2\pi}{4} = k d_x \sin \theta_N$
 $\theta_N = 20,9^\circ$ $BW_x = 41,8^\circ$

- Plano YZ 1^{er} nulo $\psi_y = \frac{2\pi}{4} = k d_y \sin \theta_N$
 $\theta_N = 30^\circ$ $BW_y = 60^\circ$

2) Tengo que cambiar las amplitudes.
Como la dist. uniforme me da el diagrama más estrecho, tengo que cambiar las

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

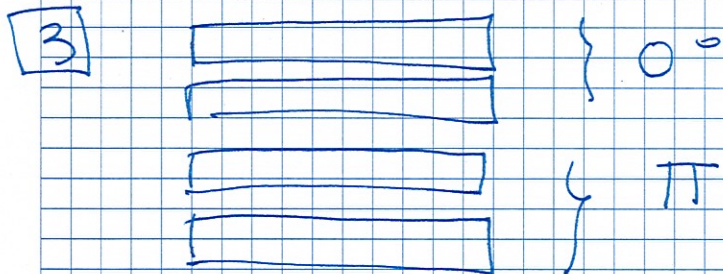
...

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$FA = (z - e^{j0,7\pi}) (z - e^{-j0,7\pi}) (z + 1)$$

$$= z^3 + 2,17z^2 + 2,17z + 1$$

⇒ Amplitudes α : [1, 2,17, 2,17, 1]



→ Array de 2 elementos con $\alpha = \pi$ (FA₁)

Cada elemento es un array de 2 elementos en fase. (FA₂)

Cada elemento de ese array es un array lineal de 4 el. (FA₃)

$$DR = FA_1^2 \cdot FA_2^2 \cdot FA_3^2$$

$$FA_1 = \frac{1}{2} \frac{\sin(2\psi_1/2)}{\sin\psi_1/2}$$

$$\psi_1 = kd_1 \sin\theta \sin\phi + \alpha$$

$$\alpha = \pi$$

$$d_1 = \lambda$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Escuela Politécnica Superior

Asignatura _____

Nombre del Alumno _____

Fecha _____ Curso _____ Grupo _____

Planos principales

XZ $\rightarrow \phi = 0 \rightarrow \psi_1 = \pi$
 $\psi_2 = 0$
 $\psi_3 = kd_3 \sin \theta$

$\Rightarrow FA_1 = 0$

$\rightarrow \boxed{\begin{array}{l} D.R. \\ | \\ ZX \end{array}} = 0$

YZ $\rightarrow \phi = 90^\circ \rightarrow \psi_1 = kd_1 \sin \theta + \pi$
 $\psi_2 = kd_2 \sin \theta$
 $\psi_3 = 0$
 $\rightarrow (FA_3 = 1)$

$DR = FA_1^2 \cdot FA_2^2$

\rightarrow Nulos

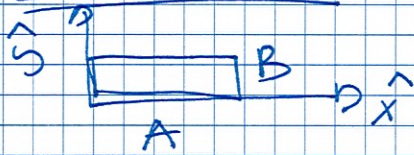
$FA_1 \rightarrow \pi = kd_1 \sin \theta + \pi$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Problema 3



$$\vec{E}_{cp} = E_0 \cos\left(\frac{\pi x}{A}\right) \hat{y}$$

$$A = 0,5\lambda$$

$$B = 0,01\lambda$$

$$\hat{z} \times \vec{E}_{cp} = E_0 \cos\left(\frac{\pi x}{A}\right) (-\hat{x})$$

$$\boxed{1} \rightarrow \vec{F} = \text{ctes} \cdot \left(\frac{\cos(\pi w_1)}{1 - 4w_1^2} \right) \cdot \text{sinc}(w_2) \cdot (-\cos\theta \cos\phi \hat{\theta} + \sin\phi \hat{\phi})$$

$$\vec{E}_{rad} = \text{ctes} \left(\frac{\cos(\pi w_1)}{1 - 4w_1^2} \right) \cdot \text{sinc}(w_2) \cdot (\sin\phi \hat{\theta} + \cos\theta \cos\phi \hat{\phi})$$

$$r(\theta, \phi) = \text{ctes} \left(\frac{\cos(\pi w_1)}{1 - 4w_1^2} \right) \cdot \text{sinc}^2(w_2) \cdot (\sin^2\phi + \cos^2\theta \cos^2\phi)$$

$$w_1 = 0,5 \sin\theta \cos\phi$$

$$w_2 = 0,01 \sin\theta \sin\phi$$



$$A = 0,7\lambda \times 3 + 0,5\lambda$$

$$\boxed{A = 2,6\lambda}$$

→ Tengo un array



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

...

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Escuela Politécnica Superior

Asignatura _____

Nombre del Alumno _____

Fecha _____ Curso _____ Grupo _____

$$FA_y = \frac{1}{4} \frac{\sin(4\psi_y/2)}{\sin(\psi_y/2)}$$
$$\psi_y = k \cdot 0,5\lambda \cdot \sin\theta \sin\phi$$

Plano XZ $\phi = 0 \rightarrow \psi_y = 0$

$$W_1 = 2,6 \sin\theta$$
$$W_2 = 0$$
$$DR = 1 \cdot \left(\frac{\cos(\pi W_1)}{1 - 4W_1^2} \right)^2 \cdot \cos^2\theta$$

1^{er} nulo $W_1 = 1,5 = 2,6 \sin\theta_N$

$$\theta_N = 35,23^\circ$$
$$BW_{XZ} = 70,46^\circ$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

...

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$NULLOS \rightarrow FA_y \rightarrow 2\pi = \pi \sin\theta_N$$

$\theta_N = 30^\circ$ 60°

3 - SLL

Plano XZ

$$\begin{array}{l} 1^{\text{er}} \text{ nulo } w_1 = 1,5 \\ 2^{\text{o}} \text{ nulo } w_1 = 2,5 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1^{\text{er}} \text{ nulo } w_1 = 1,5 \\ 2^{\text{o}} \text{ nulo } w_1 = 2,5 \end{array}} \right\} \text{SLL} \rightarrow w_1 = 2$$

$$2 = 2,6 \text{ sen } \theta_{\text{SLL}} \rightarrow \theta_{\text{SLL}} = 50,28^\circ$$

$$\text{SLL} = \left(\frac{\cos(\pi \cdot 2)}{(1 - 4 \cdot 2^2)} \right)^2 \cdot \cos^2(50,28^\circ)$$

$$= 0,0018 \rightarrow \boxed{-27,41 \text{ dB}}$$

Plano YZ

$$\text{SLL} \rightarrow \psi_y = \frac{3\pi}{4}$$

$$\frac{3\pi}{4} = \pi \text{ sen } \theta_{\text{SLL}} \rightarrow \theta_{\text{SLL}} = 48,59^\circ$$

$$\text{SLL} = \left| \frac{1}{4} \frac{\text{sen}(4(3\pi/4)/2)}{\text{sen}(3\pi/4/2)} \right|^2 \cdot \text{sinc}^2(0,0075)$$

$$w_2 = 0,01 \cdot \text{sen}(48,59^\circ) = 0,0075$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

...

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70